

A Nanotecnologia Cumprindo Suas Promessas

Oswaldo Luiz Alves

Laboratório de Química do Estado Sólido
Instituto de Química, UNICAMP, CP 6154 Campinas, SP, Brasil
lqes@iqm.unicamp.br

1. Questões colocadas.

Nas inúmeras conferências e palestras que vimos proferindo pelo Brasil, em diferentes cenários – governamental, acadêmico ou empresarial –, tratando do tema **Nanociência e Nanotecnologia (N&N)**, duas perguntas, entre tantas, têm sido feitas reiteradamente: a) “*Quais os produtos gerados pela Nanotecnologia?*” e, b) “*Quando começaremos a usufruir dos benefícios desta nova tecnologia?*”. Certamente, a resposta não se pretende, e nem poderia ser, definitiva, não obstante, já é bem mais segura que há alguns anos.

Antes de esboçarmos uma resposta, agora escrita, consideramos importante tecer algumas considerações visando a definir o entorno destas questões.

A indústria, segundo a NanoBillboard (www.nanobillboard.com), projeta para 2015 um faturamento de cerca de 1 trilhão de dólares em produtos de nanotecnologia. Vai além, ao elaborar uma lista dos produtos “**dez mais**”, seja em estágio avançado de desenvolvimento, seja prontos, ou ainda que utilizam as nanotecnologias. Na elaboração da lista, a Nanobillboard baseou-se em critérios que, de um lado, levaram em conta produtos nos quais houve forte apropriação da nanotecnologia, e, de outro, aqueles produtos que poderiam apresentar grande potencial para afetar – positivamente –, nossas vidas.

Neste texto, valemo-nos dos produtos “**dez mais**”, apresentados na citada fonte americana, procurando fazer comentários adicionais e apresentando informações publicadas sobre o tema, utilizando como bases o Boletim Eletrônico LQES NEWS (<http://lqes.iqm.unicamp.br>), quinzenal, e LQES Website, ambos veículos do Laboratório de Química do Estado Sólido, da Unicamp, que mantêm, desde 2001, atividade do tipo *Observatório*, sobre o tema N&N.

2. Os produtos “dez mais”.

Os produtos “**dez mais**” aqui elencados foram considerados ao acaso, não tendo sido repertoriados por ordem de importância ou prioridade.

1) Transistores à base de diodos orgânicos (eletroluminescentes) emissores de luz.

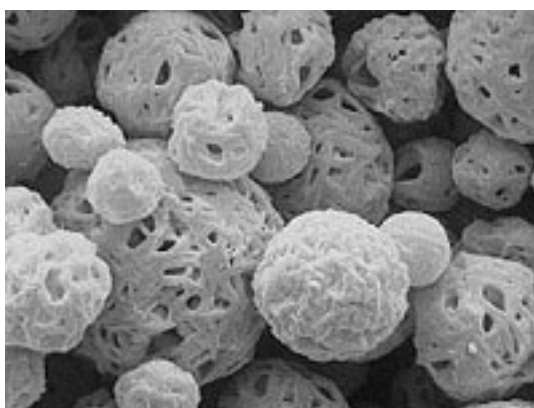


Polímeros orgânicos emissores de luz

<http://www.polymerirc.org>

Tais produtos fazem parte da chamada “eletrônica em plástico”. Permitem a fabricação de monitores ultrafinos, produzidos através da superposição (semelhante, na forma, a um sanduíche) de camadas extremamente finas (geralmente com dimensões nanométricas) de polímeros orgânicos emissores de luz, situados entre eletrodos. Uma das características destes monitores é dar origem a imagens muito luminosas e que podem ser visualizadas de diferentes ângulos. Tratam-se de monitores pequenos e muito leves, quando comparados aos tradicionais, do tipo LCD (*Liquid Crystal Display* – Monitor de Cristal Líquido), o que os torna bastante adequados para produtos eletrônicos portáteis (transportabilidade), tais como câmeras de vídeo digitais, telefones celulares e *lap- e palm-tops* [1].

2) Produtos de limpeza baseados em nanoemulsões antibacterianas.

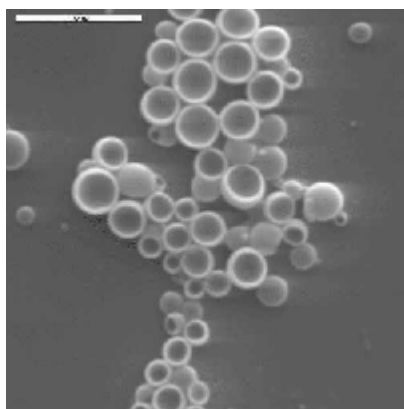


Nanoesferas

www.betterhumans.com

São produtos em que se tira partido da tecnologia das nanoemulsões, para matar organismos patogênicos. São capazes de combater bacilos como o da tuberculose e outras bactérias, sendo não-inflamáveis, não-corrosivos e não-tóxicos. Nanoesferas de gotas de óleo quando suspensas em água, requerem, para matar os microorganismos, pequenas quantidades dos princípios ativos. As nanoesferas são dotadas de uma superfície funcionalizada de tal forma que, em função da presença de cargas, rompe as ligações da membrana dos organismos patogênicos, tornando-os indefesos.

3) Nanocápsulas.

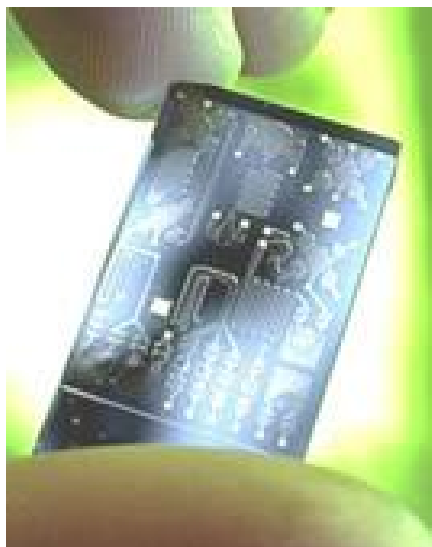


Nanocápsulas

www.mpikg-golm.mpg.de

São “recipientes” artificiais, com tamanhos que variam de 100 a 600 nanômetros. Comumente feitas de lipossomas ou polímeros, as nanocápsulas podem proteger e carregar uma substância química ou um material (por exemplo, uma droga) por diferentes sistemas, tais como a água, o meio ambiente, certos tecidos, etc., e depositá-la exatamente no local alvo. E, ainda por cima, com liberação controlada. Imitando a natureza dos lipídios (derivados da gordura), as nanocápsulas podem executar a entrega efetiva das drogas, seguindo as leis das propriedades físicas de algumas substâncias químicas, quando expostas à água (fenômeno ao qual chamamos comportamento hidrofóbico ou hidrofílico). Uma aplicação já bastante difundida se dá na área de cosméticos, uma vez que as nanocápsulas gozam do privilégio de poder penetrar camadas finitas da pele. No *pipeline* das empresas estão também as aplicações de “entrega de drogas” (*drug-delivery*) e ainda o tratamento de *overdose* de drogas, baseado no “efeito esponja”, que carrega para fora do organismo o excesso de substâncias químicas (aplicação esta em fase de testes laboratoriais) [2].

4) Ferramentas de Nanofluídica.

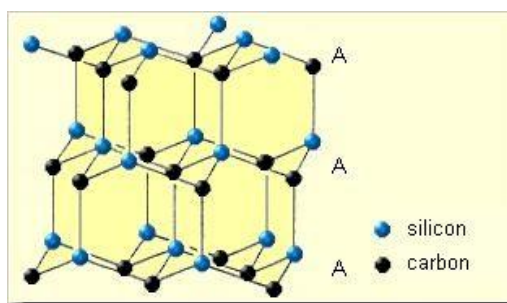


Lab-on-Chip

<http://europa.eu.int>

Bem estabelecida no contexto das Ciências da Vida, a tecnologia microfluídica tem permitido criar ferramentas muito pequenas, capazes de alterar os fluidos em aplicações tais como micromisturas de fluidos, microbombeamento de fluidos, dispersão de fluidos e interceptação de fluidos, e no chamado “laboratório-num-chip” (*lab-on-chip*), dispositivo minúsculo para diagnóstico, baseado em circuito fluídico. A tecnologia da microfluídica já não mais se limita apenas ao reino do micro (escala de grandeza maior que a nano). A integração de capilares de tamanho nano e as mudanças de tensão superficial nanomanipuladas (para controlar as taxas de fluxos) permitem que os fluidos sejam controlados em escalas de volume de nanolitros [3].

5) Nanodispositivos operando em 1 GHz (Gigahertz).



Estrutura do Carbeto de Silício

www.a-m.de/.../lexikon

A promessa da construção de máquinas com tamanho nano, capazes de viajar até os “confins” das paredes celulares com a finalidade de realizar procedimentos cirúrgicos, mais e mais vem atraindo a atenção da medicina... e de curiosos! Contudo, ainda não é uma realidade. Entretanto, uma inovação de suma importância poderá vir a contribuir para a realização desse “sonho”. Tratam-se de minúsculas ferramentas construídas por pesquisadores. Um protótipo de dispositivo, em tamanho nanométrico, feito com multicamadas de carbeto de silício (SiC), que vibra a uma frequência de cerca de 1 Gigahertz, dá um passo crucial nesta direção, dado que poderá ser aplicado no controle, ou mesmo na comunicação com uma máquina de tamanho nanométrico [4].

6) Conversores catalíticos automotivos nanoincrementados.

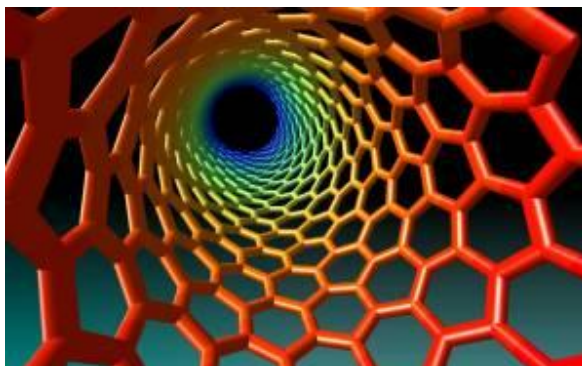


Conversor Catalítico

www.spectroscopynow.com

A despeito das tecnologias de células híbridas e solares, avanços importantes na indústria automotiva têm tornado propício o aparecimento de sistemas de combustão interna (motores), que produzem subprodutos de emissão em quantidades muito pequenas. Um dos avanços nessa tendência são os *conversores catalíticos*, nos quais se aplica a nanotecnologia para torná-los mais eficientes. A nanotecnologia pode fazer parte de tais conversores pela utilização de filtros nanoincrementados, os quais podem seqüestrar **antes** (*start-up*) o excesso de carbono e enxofre e, após o que, liberá-lo, para **depois** (*warm-up*) ser catalisado. De maneira similar, um outro método faz uso de partículas de tamanho nanométrico do material catalítico (por exemplo, platina), a fim de prover uma maior área superficial para iniciar a reação catalítica. Outra estratégia usa a experimentação em nanotecnologia para estudar materiais catalíticos, em nível atômico, visando a determinar quais seriam as condições de trabalho mais eficientes quando da sincronização [5].

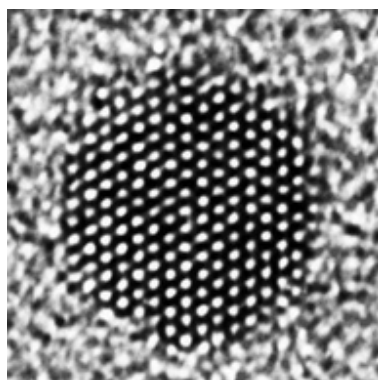
7) Nanotubos de carbono como fontes de elétrons.



Nanotubos de Carbono
www.darkgovernment.com

Baseados em materiais denominados **nanotubos de carbono** (fios de carbono puro, altamente resistentes do ponto de vista mecânico, e com propriedades elétricas ímpares), as fontes de elétrons emitem alta corrente e alta densidade de elétrons sendo, ainda, mais rápidas que os dispositivos em escala normal (por exemplo, cátodos). Tal condição faz com que sejam ideais para o uso em instrumentos baseados em feixe de elétrons de alta resolução (*high resolution electron-beam equipments*), tais como pequenos equipamentos de raios-X. Dado a capacidade de modulação (*gating*) destas fontes de elétrons ser precisa, as aplicações deverão se expandir dramaticamente [6].

8) Nanocristais.

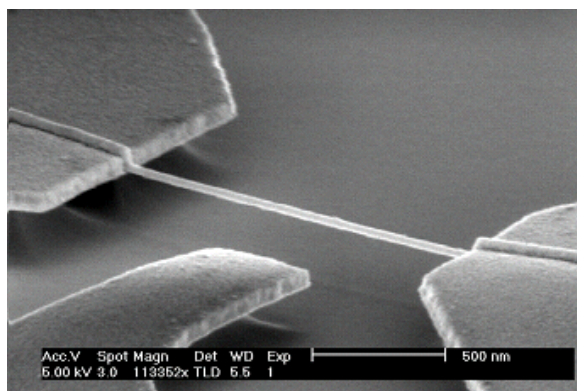


Nanocristal de Semicondutor da família II-VI
<http://foundry.lbl.gov>

Embora produzidos por meio de processos complicados - tais como vaporização e condensação de metais -, cristalitos de alguns nanômetros de tamanho possuem características impressionantes. Como quase tudo que é nano, os nanocristais desfrutam de uma “exceção-à-regra” da física, ou seja, dos então chamados “atributos não-lineares”. São,

via-de-regra, mais resistentes mecanicamente e ao uso, além de mais duros que as suas contrapartes de tamanho macro, de um fator de até 300%. Algumas das aplicações óbvias que incluirão o seu uso são os “blocos de construção” para metais com elevada resistência mecânica e nanocompósitos. Contudo, a tecnologia poderá também ser aplicada à fotônica (partículas altamente luminescentes, de tamanho nano), ao imageamento de alta resolução e a materiais semicondutores [7].

9) NEMS (*nanoelectromechanical systems*).



Nano-electromechanical systems (NEMS)

www.nf.tn.tudelft.nl

Diferentemente dos MEMS (*microelectromechanical systems*), que são conhecidos desde os anos 1980, os NEMS fazem parte de um desenvolvimento bem mais recente. No entanto, os NEMS apresentam potencial para modificar completa e drasticamente a maneira como empregamos a eletrônica. A “saída” ou “resposta” dada pelo elemento mecânico destes nanodispositivos pode ser usada para a realização de um movimento robótico ou de locomoção, em escala nanométrica. Ao adicionarmos um transdutor ao sistema, a energia mecânica ou elétrica pode ser usada para sensoriar e sinalizar. As aplicações como um sensor de tamanho nano são incontáveis. A habilidade de se criar um sensor em nanoescala, que possa sensoriar *inputs* biológicos, eletrônicos, químicos ou físicos, e que ainda seja capaz de sinalizar estes efeitos para o mundo macro, nos levaria a uma “cópia da natureza”, feita pelo homem, e a uma verdadeira conexão com o mundo submicrométrico [3].

10) Produtos de consumo do cotidiano nanoincrementados.



Bolas de Tênis

<http://www.inteletex.com>



“Nanopants”

<http://www.nanoexchange.com>



Protetores Solares

<http://medstat.med.utah.edu>



Embalagens

<http://www.nano.sc.edu/images/new-1.jpg>



Automóveis

http://www.gm.com/company/gmability/adv_tech/100_news/nanocomposites_012704.html

Nanoceras, fabricadas com agentes de polimento em escala nanométrica, provêm um melhor brilho, devido sua habilidade de preencher minúsculas inconsistências (ranhuras, riscos, etc.) no acabamento de pinturas automotivas. **Nanobolas** de tênis, recobertas internamente com uma membrana nanoporosa, drenam lentamente a pressão, sem aumento do peso. **Nanoprotetores** solares, que utilizam óxidos de metais de transição recobertos com nanosílica, altamente solúveis, resultando em formulações mais estáveis, mais transparentes e proporcionando uma proteção de largo espectro, com uma cobertura densa e uniforme.

Não poderíamos deixar de mencionar os **nanocompósitos** plásticos (argilas + polímeros) usados na confecção de embalagens, que servem de barreiras contra o vapor de água, gás carbônico e ao oxigênio e, desta maneira, aumentam o “tempo de prateleira” de vários alimentos e bebidas. Os **nanocompósitos** também são utilizados na fabricação de automóveis, tendo como horizonte reduzir seu peso, ao mesmo tempo que permite o uso de um produto de qualidade e reciclável.

É de se supor que, individualmente, talvez nenhum destes produtos do “dia-a-dia” fizesse parte da lista dos “**dez mais**”. Todavia, é impossível negar que representam um fato, marcante e incontestável: produtos que utilizam nanotecnologia não só podem, mas estão realmente se estabelecendo no mercado consumidor cotidiano. E isso, acreditamos, por si só, já pode ser considerado como notável [8].

3. Comentários Finais

Não temos dúvida de que os pontos elencados dão, em grande parte, conta da resposta às questões levantadas e, ao mesmo tempo, reafirmam o grandioso potencial na Nanotecnologia em diferentes campos, colocando em destaque seus impactos sobre a vida dos cidadãos. São suas possibilidades, certamente, que fizeram com que mais de 20 países constituíssem programas nacionais para a área e colocassem à disposição volumosos recursos em investimentos destinados à sua pesquisa. Não obstante esse futuro, que se afigura promissor, devemos ter cuidado para não transformar a Nanotecnologia numa panacéia, num remédio para todo e qualquer mal e, com isso, perdermos a capacidade crítica de prevenir e evitar seus possíveis e eventuais efeitos indesejados [9]. Comunicação, informação e diálogo são fundamentais para fazer face aos desafios, não só da Nanotecnologia, como de resto, de todas as novas tecnologias.

4. Informações Adicionais e Complementares:

Nos links apresentados a seguir podem ser obtidas informações adicionais e/ou complementares sobre os temas envolvidos nos diferentes “**dez mais**” em destaque.

[1]

Química de Materiais aponta para novos caminhos : materiais eletrônicos orgânicos invadem a óptica !

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_14.html

A dupla LED / OLED parece ser a bola da vez.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_213.html

Rumo aos fios condutores moleculares.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/pontos_vista/pontos_vista_divulgacao6-1.html

[2]

Nanoesferas e a Liberação Controlada de Fármacos.

http://lqes.iqm.unicamp.br/images/vivencia_lqes_monografias_marcelo_nanoesferas.pdf

[3]

Biblioteca Lqes de MEMS.

http://lqes.iqm.unicamp.br/institucional/vivencia_lqes/vivencia_lqes_biblioteca_mems.html

[4]

Modulador óptico : um "revival" para o silício ?

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_366.html

[5]

Poros micro e nanométricos : uma nova idéia para se fazer catalisadores.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_133.html

[6]

Nanotubos de carbono e pilhas solares : o que há de comum entre eles ?

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_149.html

Nanotubos de carbono monodimensionais.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_477.html

Nanotubos de carbono usados como filamentos de lâmpadas.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_421.html

[7]

Nanocristais podem dar um "basta !" às notas falsificadas de euros.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_337.html

Nanopartículas auxiliando na criminalística.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_323.html

[8]

Limpar vidros não será mais problema.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_439.html

Cardíacos podem buscar socorro nas próprias roupas.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_336.html

Rumo às roupas de fios de nanotubos de carbono.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_507.html

Prosseguem pesquisas sobre novas formas de administrar insulina aos portadores de diabetes.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_109.html

"Bionanopartícula" declara guerra ao terror das maioneses !

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_472.html

Já se fala em nanobalas, na guerra contra o câncer.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_353.html

Delivery de medicamentos : entram em cena os minúsculos mensageiros magnéticos.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_526.html

Nanotecnologia tem a primeira droga contra câncer de seio aprovada pelo FDA.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_505.html

[9]

Nanopartículas liberadas na combustão do diesel ameaçam a saúde.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_446.html

Cientistas pedem freio para a Nanotecnologia.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_434.html

Peixes "sentem na pele" os efeitos da nanotecnologia.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_384.html

Corpo humano e nanopartículas : influência e efeitos.

http://lqes.iqm.unicamp.br/canal_cientifico/em_pauta/em_pauta_novidades_380.html

Nota do Managing Editor: *As figuras aqui apresentadas foram obtidas mediante consulta ao motor de busca www.google.com.*